

修 士 論 文 の 和 文 要 旨

| | | | |
|---|--|------|---------|
| 研究科・専攻 | 大学院情報システム学研究科 社会知能情報学専攻 博士前期課程 | | |
| 氏 名 | 西脇 崇文 | 学籍番号 | 1451027 |
| 論 文 題 目 | 組合せバランスを意識したレシピ入替えを行うグループ向け献立推薦システムの提案 | | |
| <p>要 旨</p> <p>近年、投稿者が自由にレシピを作成し、多数の閲覧者に作成したレシピを公開することができる投稿型レシピサイトが登場している。投稿型レシピサイトに投稿された献立を利用するためには、ユーザは投稿された献立の中から自分の目的にあった献立を検索する必要がある。しかし、投稿型レシピサイトには膨大なコンテンツが存在するため、自分の目的にあった献立を見つけ出すことが困難になりつつある。</p> <p>上記の問題の解決のため膨大なコンテンツの中からユーザの好みのコンテンツを見つけ出すための推薦システムの研究が進められている。さらに、投稿型レシピサイトには献立などグループで消費するコンテンツも存在しているため、グループを対象とした推薦システムの研究も必要とされている。多くのグループ向け推薦システムはグループに所属する個人のコンテンツへの好みを束ねあわせることによって推薦を実現する。しかし、献立を推薦する場合、献立は複数のレシピが組み合わせられて成立しているため、グループのメンバー中に一人でも献立に含まれたレシピが嫌いなメンバーがいる場合、献立の全体の評価が下がってしまう。そのため、献立に含まれた嫌いなレシピ以外のレシピが活かされないという問題がある。</p> <p>そこで、本研究ではグループのメンバーの材料と料理カテゴリの好みを基に、献立のレシピから嫌いなレシピを抽出し入替えを行い、レシピ入替えを行った献立を推薦することで、グループの推薦結果への満足度を向上させることを目標とする。本研究では献立のレシピ入替え手法として「類似度法」「平均値法」「最小値法」の3つの手法を提案した。最後に本研究ではアンケート調査により入替えをした献立のグループの満足度と、入替えをした献立の妥当性の2つの観点から評価を行った。その結果、本研究の提案手法のうち「最小値法」が最も有効な手法であることがわかった。</p> <p>本研究は、多くの人が好ましいと感じるバランスを考慮しながら複数のコンテンツを組合せてグループ向けの推薦を行う点で新規性がある。</p> | | | |

平成 27 年度修士論文

組合せバランスを意識したレシピ入替えを行う
グループ向け献立推薦システムの提案

電気通信大学 大学院情報システム学研究科
社会知能情報学専攻

学籍番号 : 1451027
氏名 : 西脇 崇文

主任指導教員 : 田原 康之 准教授
指導教員 : 岩崎 敦 准教授
指導教員 : 大須賀 昭彦 教授

提出年月日 : 平成 28 年 1 月 28 日 (木)

概要

近年，投稿者が自由にレシピを作成し，多数の閲覧者に作成したレシピを公開することができる投稿型レシピサイトが登場している．投稿型レシピサイトに投稿された献立を利用するためには，ユーザは投稿された献立の中から自分の目的にあった献立を検索する必要がある．しかし，投稿型レシピサイトには膨大なコンテンツが存在するため，自分の目的にあった献立を見つけ出すことが困難になりつつある．

上記の問題の解決のため膨大なコンテンツの中からユーザの好みのコンテンツを見つけ出すための推薦システムの研究が進められている．さらに，投稿型レシピサイトには献立などグループで消費するコンテンツも存在しているため，グループを対象とした推薦システムの研究も必要とされている．多くのグループ向け推薦システムはグループに所属する個人のコンテンツへの好みを束ねあわせることによって推薦を実現する．しかし，献立を推薦する場合，献立は複数のレシピが組み合わさって成立しているため，グループのメンバー中に一人でも献立に含まれたレシピが嫌いなメンバーがいる場合，献立の全体の評価が下がってしまう．そのため，献立に含まれた嫌いなレシピ以外のレシピが活かされないという問題がある．

そこで，本研究ではグループのメンバーの材料と料理カテゴリの好みを基に，献立のレシピから嫌いなレシピを抽出し入替えを行い，レシピ入替えを行った献立を推薦することで，グループの推薦結果への満足度を向上させることを目標とする．本研究では献立のレシピ入替え手法として「類似度法」「平均値法」「最小値法」の3つの手法を提案した．最後に本研究ではアンケート調査により入替えをした献立のグループの満足度と，入替えをした献立の妥当性の2つの観点から評価を行った．その結果，本研究の提案手法のうち「最小値法」が最も有効な手法であることがわかった．

本研究は，多くの人々が好ましいと感じるバランスを考慮しながら複数のコンテンツを組合せてグループ向けの推薦を行う点で新規性がある．

目次

| | | |
|---------|---------------------|----|
| 第 1 章 | はじめに | 1 |
| 第 2 章 | 背景と目的 | 3 |
| 2.1 | 投稿型レシピサイト | 3 |
| 2.2 | 既存手法の問題点 | 4 |
| 2.3 | 本研究の目的 | 5 |
| 2.4 | 想定シナリオ | 5 |
| 第 3 章 | 事前知識 | 7 |
| 3.1 | ダイクストラ法 | 7 |
| 3.2 | Jaccard 係数 | 7 |
| 3.3 | 有意差検定 | 8 |
| 第 4 章 | 提案手法 | 9 |
| 4.1 | 事前処理 | 11 |
| 4.2 | 相性度を用いた献立のレシピ入替え | 11 |
| 4.2.1 | レシピ間の相性度 | 12 |
| 4.2.1.1 | 共起度 | 13 |
| 4.2.1.2 | 類似度 | 13 |
| 4.2.1.3 | 類似度を用いたレシピ間の相性度の算出 | 13 |
| 4.2.1.4 | 類似度を用いないレシピ間の相性度の算出 | 14 |
| 4.2.1.5 | レシピ間の相性度の算出例 | 14 |
| 4.2.2 | レシピ・献立間の相性度 | 15 |
| 4.2.2.1 | 平均値法 | 15 |
| 4.2.2.2 | 最小値法 | 16 |

| | | |
|---------|---------------------------------|----|
| 4.2.2.3 | レシピ・献立間の相性度の例 | 16 |
| 4.2.3 | 献立のレシピ入替え | 17 |
| 4.2.4 | 献立のレシピ入替えの例 | 17 |
| 4.3 | 類似度を用いた献立のレシピ入替え | 19 |
| 4.4 | レシピ入替後の献立のグループ向け推薦 | 19 |
| 4.4.1 | 献立推薦のグラフの構築 | 20 |
| 4.4.1.1 | ユーザ層の構築 | 21 |
| 4.4.1.2 | レシピ層の構築 | 21 |
| 4.4.1.3 | 献立層の構築 | 21 |
| 4.4.1.4 | 層間のリンクの設定 | 22 |
| 4.4.2 | 献立推薦のアルゴリズム | 22 |
| 第 5 章 | 評価 | 25 |
| 5.1 | 評価方法 | 26 |
| 5.1.1 | 献立推薦の満足度 | 26 |
| 5.1.2 | レシピ入替えの妥当性 | 27 |
| 5.2 | 比較手法 | 27 |
| 5.3 | データセット | 27 |
| 5.4 | 計算時間 | 28 |
| 5.5 | 評価結果 | 28 |
| 5.5.1 | レシピ間相性度算出法ごとの入替え結果の比較 | 29 |
| 5.5.2 | 献立推薦のグループの満足度 | 30 |
| 5.5.3 | レシピ入替えの妥当性 | 32 |
| 5.6 | レシピ入替えの結果の例 | 32 |
| 5.7 | 「類似度法」によるレシピ入替えの結果の例 | 33 |
| 第 6 章 | 考察 | 35 |
| 6.1 | 献立推薦のグループの満足度 | 35 |
| 6.1.1 | 類似度法 | 35 |
| 6.1.2 | 平均値法 | 36 |
| 6.1.3 | 最小値法 | 36 |
| 6.2 | 献立のレシピ入替えの妥当性 | 36 |
| 6.2.1 | 類似度法 | 37 |
| 6.2.2 | 平均値法 | 37 |

| | | |
|-------|-----------------------------------|----|
| 6.2.3 | 最小値法 | 37 |
| 6.3 | グループ向け推薦の分野における本研究の位置付け | 37 |
| 第 7 章 | 関連研究 | 39 |
| 7.1 | レシピ推薦 | 39 |
| 7.2 | 献立推薦 | 40 |
| 7.3 | グループ向け推薦 | 40 |
| 第 8 章 | おわりに | 42 |
| 8.1 | レシピ間の類似度の計算の工夫 | 42 |
| 8.2 | グループの食に関する興味の学習 | 43 |
| 8.3 | 計算時間の改善 | 43 |
| 8.4 | アプリケーションの作成 | 44 |
| 参考文献 | | 46 |

図目次

| | | |
|-----|-----------------------------|----|
| 2.1 | レシピサイトの構成 | 4 |
| 4.1 | 提案手法の流れ | 10 |
| 4.2 | レシピ間の相性度の計算の例 | 15 |
| 4.3 | グラフ全体の流れ | 20 |
| 4.4 | グラフの全体 | 23 |
| 4.5 | ポインタの移動のイメージ | 23 |
| 5.1 | レシピ入替え数による計算時間の変化 | 29 |
| 1 | | 50 |
| 2 | | 51 |

表目次

| | | |
|-----|-----------------------------------|----|
| 4.1 | レシピ間の相性度の例 | 16 |
| 4.2 | 献立・レシピ間の相性度の例 | 16 |
| 5.1 | 評価に用いたデータ数 | 28 |
| 5.2 | レシピ入替え数ごとの計算時間 | 28 |
| 5.3 | 類似度を用いたレシピ間の相性度算出 | 30 |
| 5.4 | 類似度を用いないレシピ間の相性度算出 | 31 |
| 5.5 | 推薦結果の上位 n 件までの評価の平均 | 31 |
| 5.6 | レシピ入替えの妥当性 | 32 |
| 5.7 | レシピ入替えの結果の例 | 33 |
| 5.8 | 入替え前後の材料の一覧の例 | 34 |
| 5.9 | うまくいかなかったレシピ入替えの材料の一覧の例 | 34 |

第 1 章

はじめに

近年，クックパッド [1] や楽天レシピ [2] など，投稿者が自由にレシピを作成し，多数の閲覧者に作成したレシピを公開することができる投稿型レシピサイトが登場している．

それらの投稿型レシピサイトには膨大な数のレシピが投稿されている．またクックパッドでは，レシピのみではなく複数のレシピを組み合わせた献立をユーザが作成して投稿することもできる．投稿型レシピサイトは食に関する多様なコンテンツを社会に広めることにより，私達の食生活をより豊かにしてくれる．

投稿型レシピサイトに投稿された献立を利用するためには，ユーザは投稿された献立の中から自分の目的にあった献立を検索する必要がある．しかし，投稿型レシピサイトには膨大なコンテンツが存在するため，自分の目的にあった献立を見つけ出すことが困難になりつつある．例えば，投稿型レシピサイトの献立検索でメジャーなレシピである「カレー」をキーワードに献立を検索すると 3244 件もの献立の検索結果が表示される．

上記の問題の解決のため膨大なコンテンツの中からユーザの好みのコンテンツを見つけ出すための推薦システムの研究が進められている．推薦システムの多くは個人のユーザを対象としたものであるが，グループのユーザを対象とした研究も進められている．投稿型レシピサイトに投稿されたコンテンツの中には，献立など，個人のユーザではなく家族や友人などグループで消費するコンテンツも存在しており，多様なユーザのニーズに対応するためグループを対象とした推薦システムの研究も必要とされている．

多くのグループ向け推薦システムはグループに所属する個人の情報を基に，個人のコンテンツへの好みを束ねあわせることによってグループ向けの推薦を実現する．しかし，献立を推薦する場合，献立は複数のレシピが組み合わさって成立しているため，グループのメンバー中に一人でも献立に含まれたレシピが嫌いなメンバーがいる場合，献立の全体の評価が下がってしまう．そのため，献立に含まれた嫌いなレシピ以外のレシピが活かされ

ないという問題がある．

そこで，本研究ではグループのメンバーの材料と料理カテゴリの好みを基に，献立のレシピから嫌いなレシピを抽出し入替えを行い，レシピ入替えを行った献立を推薦することで，グループの推薦結果への満足度を向上させることを目標とする．

そのための手法として，まず，献立のバランスを考慮した献立とレシピの入替えを行う．献立にユーザの嫌いな材料やカテゴリのレシピが含まれていた場合，推薦対象者が嫌いな材料・レシピカテゴリが含まれていないレシピの中から最も献立と相性の良いレシピを代替レシピとして入替える．このことにより，献立から嫌いなメニューを取り除きつつ，献立のバランスへの影響を最小限に抑えることができる．

次に，献立のグループ向け推薦を実現するために，精度の高いグループ向け映画推薦の既存手法 [20] の献立推薦への応用を行う．既存手法では映画を対象としているが，映画に対してユーザが多くの評価を実施済みであることを前提としている．しかし，献立の場合，グループの各メンバーが多くの評価をシステム上で実施済みの状況を想定することは困難である．そのため本研究では，各メンバーの食の好みをを用いて献立を推薦するように手法の改善を行った．

最後に本研究ではアンケート調査により入替えをした献立のグループの満足度と，入替えをした献立の妥当性を評価した．具体的には，レシピの入替えを行った場合の献立の推薦結果と，行わなかった場合の献立の推薦結果の2つの結果を用意し，ユーザにアンケート調査を行うことで推薦結果の満足度を評価した．さらに，8人の栄養士にアンケート調査を行い，入替えの前後の献立のバランスを比較することで，入替えの妥当性を評価した．献立バランスはレシピ入替えを行わない場合が最も良いと考えられるため，レシピ入替えを行わなかった場合の献立バランスの評価に最も近づけることを提案手法の目的とする．

以下に，本論文の構成を示す．2章に本研究の背景と目的を説明し，3章で提案手法で用いる事前知識について説明する．4章で提案手法を説明する．5章で提案手法の評価を行い，6章で評価結果の考察を行う．7章で関連研究について説明する．8章で本研究のまとめを説明する．

第 2 章

背景と目的

2.1 投稿型レシピサイト

図 2.1 にレシピサイトのサイト構成の例を示す。投稿型レシピサイトには献立など、レシピ以外の食に関するコンテンツも含まれている。これらのコンテンツは主に投稿型レシピサイトのサイト利用者によって作成されて、サイト閲覧者は投稿されたコンテンツを閲覧することができる。

投稿型レシピサイトの献立に関するコンテンツの説明を行う。一般的に、投稿型レシピサイトで閲覧できる献立は献立投稿者が作成した複数のレシピを含んでいる。そのため、献立投稿者はレシピ投稿者が投稿した各レシピから複数のレシピを選択することで献立コンテンツを作成する。例えば、レシピ投稿者によって投稿された「豚丼」、「ひじきの煮物」、「薩摩芋の天ぷら」を選択することで「お弁当」の献立を作成することができる。献立ページは献立名、献立の写真、献立の説明、献立に含まれるレシピの一覧で構成されている。レシピの一覧からは、各レシピページにリンクが張られている。

次に、レシピに関するコンテンツの説明を行う。投稿型レシピサイトに投稿されたレシピは、複数の材料、調理手順で構成されており、レシピのコメントや調理のコツなども含まれている。レシピページはレシピの写真、レシピの説明、調理手順、調理レポート、サイト利用者、レシピのカテゴリで構成されている。レシピのカテゴリは、「お肉のおかず」や「鍋物」など料理の分類を示すものである。

「調理レポート」とは、サイト利用者が、写真や感想などで、投稿されたレシピを実際に行ったことを記録する機能である。サイト利用者が実際に調理したレシピの写真やコメントを投稿することによって、レシピ投稿者や他のサイト利用者とのコミュニケーションを図ることもできる。サイト利用者が「調理レポート」したレシピは、概して、サイト利用

者の好みに合ったレシピと考えられる。

本研究では，投稿型レシピサイトから，献立に含まれるレシピ，レシピが含む材料，「調理レポート」を投稿したサイト利用者の情報を用いる。

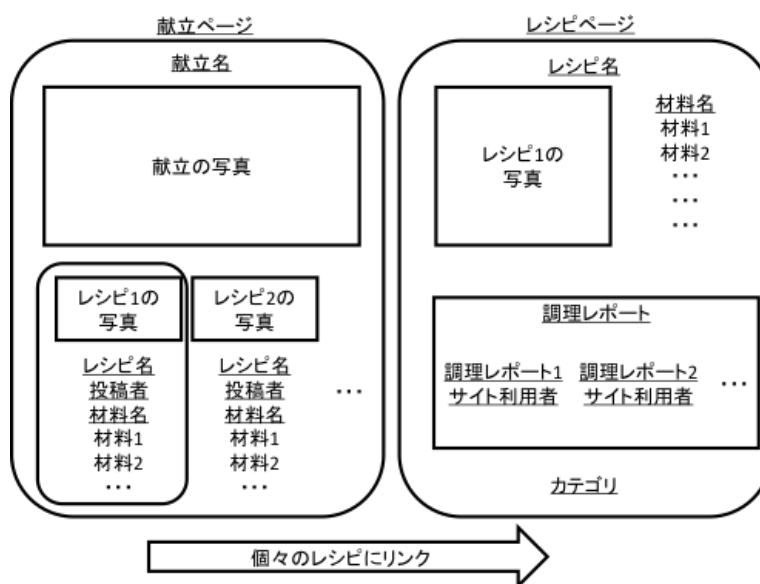


図 2.1 レシピサイトの構成

2.2 既存手法の問題点

投稿型レシピサイトは投稿者が作成した膨大な量の食に関するコンテンツを蓄積している。クックパッドでは年月日，現在，〇〇件もの献立が投稿されており，膨大な量のコンテンツから閲覧者にとって必要なコンテンツを見つけ出す推薦システムの研究が進められている。食に関するコンテンツは，家族や友人など，複数人で食事をする際に用いられることも考えられる。このような，複数人のユーザに対して推薦を行うグループ向け推薦手法の研究も進められている。しかし，グループに対してコンテンツを推薦する場合，グループに所属するメンバーは各々の嗜好を持っているため，グループに所属するメンバーのうち一人でもコンテンツに対して否定的な評価を持っていた場合，コンテンツに対するグループ全体の評価が下がってしまう。

食に関するコンテンツの中でグループに対して献立を推薦する場合，グループの各メンバーは献立だけではなく，献立に含まれる各レシピに対しても各々の好き嫌いを持っており，献立の中に一つでも嫌いなレシピがあるとグループ全体の献立への評価が下がってし

まう、献立に含まれる複数のレシピのうち、一つのレシピに対する評価が低いと献立全体の評価が低くなるため、献立に含まれる評価の低いレシピ以外のレシピが生かされない。

2.3 本研究の目的

一般に、投稿型レシピサイトに投稿された献立のコンテンツは複数のレシピの組み合わせとして投稿されているため、他のコンテンツと比較して献立を構成する要素であるレシピを入替えることが可能である。しかし、2.2 節で述べたとおり、既存の手法では、献立のレシピ入替えを行わないため、献立に含まれる少数レシピに対してグループのメンバーが否定的な評価を持っていた場合、レシピ入替えを行えばグループの満足度が高くなる献立が推薦されない。そのため、献立に含まれるグループのメンバーが嫌いなレシピを入替えることで、献立をグループの満足するように組み替えることが必要であると考えられる。

また、投稿型レシピサイトに献立を投稿する投稿者は、献立全体の雰囲気・栄養など、献立バランスを考慮して献立を作成していると考えられる。そのため、レシピ入替えを行う際、嫌いなものを取り除いただけでは、同じ献立に複数の主食が含まれる場合や、同じ食材を使ったレシピばかりが献立に含まれるなど、献立の投稿者が考慮した献立バランスを崩すことが考えられる。献立バランスが悪い献立がグループに対して推薦されると、推薦結果に対する評価も低くなると考えられるため、献立の投稿者が考慮した献立バランスを崩さないようなレシピ入替えが必要であると考えられる。

これらの目的を達成するため、本研究では大きく分けて、

- 献立のレシピ入替え
- レシピ入替後の献立のグループ向け推薦

の2つのシステムが必要となる。

以上のことから、本研究ではグループのメンバーの材料と料理のカテゴリへの好き嫌いを元に、献立に含まれるグループの嫌いなレシピを献立バランスを考慮して入替え、グループのメンバーの嫌いなレシピが含まれていない入替え済みの献立群の中から献立を推薦することで、グループの献立推薦の結果への満足度を向上させることを目指す。

2.4 想定シナリオ

本研究の提案手法は複数人のグループでともに食事をする状況を想定する。各々のメンバーは食事の献立に対し独自の好みを持っており、メンバー全体の好みは反映された献立

が検索できればグループ全体の満足度が向上すると考えられる。

以下に例を挙げる。ここでは、ある 3 人家族を対象にして想定シナリオの説明をする。3 人の名前を A, B, C とする。A と B の好きな材料は「鶏肉」で、C の嫌いな食べ物は「玉葱」であったとする。この家族に「ご飯」と「鶏の唐揚げ」と「玉葱サラダ」からなる「唐揚げ定食」が推薦候補に挙げられたとする。家族内の A と B は材料に鶏肉が含まれる「鶏の唐揚げ」があるので献立の評価は高い。しかし、C は「玉葱」が含まれる「玉葱サラダ」があるので献立の評価は低い。そのため、この家族の「唐揚げ定食」の評価は悪くなると想定されるため、通常、システムは「唐揚げ定食」を推薦しない。提案システムでは、「ご飯」と「鶏の唐揚げ」と相性の良い「ツナサラダ」と入替えることにより、C の嫌いな材料がなくなり、家族が献立に満足するようになる。

第 3 章

事前知識

本章では、本研究の手法を提案するための事前知識を説明する。3.1 節では、グラフ上の最短経路を求めるためのダイクストラ法について説明する。3.2 節では、2 つの集合の類似度を求めるための Jaccard 係数について説明する。3.3 節では、評価実験の際、2 つのグループの平均に有意差があるかどうかを判定するための有意差検定について説明する。

3.1 ダイクストラ法

ダイクストラ法とはグラフ上の単一始点から他の全ノードまでの最短経路を求めるための最良優先探索のアルゴリズムである。最短経路問題とは重み付きグラフ上の経路の中で 2 点間のリンクの重みの合計が最小となる経路を求める問題である。最良優先探索とは、幅優先探索のうち評価を求める規則を元に、良いと考えられるノードを優先的に探索する探索アルゴリズムである。

本研究では重み付きグラフを 2 次元の隣接行列で表した。隣接行列とはノード間のリンクの重みを行列の要素としてグラフを表現するための行列である。隣接行列で表したグラフを G とする。本研究では、 G 上のノードである $node_i$ と $node_j$ の間の最短経路を 3.1 式で表した。

$$dijkstra(G, node_i, node_j) \quad (3.1)$$

3.2 Jaccard 係数

Jaccard 係数とは 2 つの集合の類似度を求めるための測度であり、2 つの集合に含まれる要素が一致している割合を示す。2 つの集合を X と Y とする。本研究では、2 つの集

合の類似度 $Jaccard(X, Y)$ を 3.2 式で表した .

$$Jaccard(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|} \quad (3.2)$$

3.3 有意差検定

有意差検定とは 2 つのグループの平均の差が偶然ではない有意な差であることを検定するための手法である . 有意差検定のうち , 「同じグループの違う献立推薦の結果に対する満足度の平均」など調査した 2 つのデータに対応がある場合に用いる検定を t 検定と言う . 本研究では , 両側 5% 以下の場合有意な差があると判定した .

第 4 章

提案手法

提案手法の全体的な流れを図 4.1 に示す．本研究の提案手法は大きく分けて，

- 献立のレシピ入替え
- レシピ入替後の献立のグループ向け推薦

の 2 つのシステムから構成される．また，提案手法を行う前に，「玉葱」と「玉ねぎ」など，レシピの材料の表記揺れをなくすために，4.1 節で説明する手法を用いて，事前処理を行う．

これらのシステムを実現するため，本章では，事前処理を行った後で，グループのメンバーのレシピの食材とカテゴリに対する好き嫌いを元に，4.2 節，もしくは 4.3 節でのべる手法を用い，献立のバランスを保ちつつ推薦候補となる献立のレシピの入替えを行い，ユーザの嫌いなレシピを取り除いた献立群から，4.4 節でのべる手法を用い，グループに対して献立を推薦することで，グループが満足する献立を推薦することを目的とする．

そのため推薦対象の献立に含まれるレシピから推薦対象者の嫌いな材料が含まれるレシピを，嫌いな材料が入っていないレシピと入替える．この際，献立のバランスを崩さないレシピ入替えを行う必要がある．たとえば，ある献立にサラダが一品だけ含まれていて，このレシピを他のレシピと入替える場合，肉料理よりも野菜料理に入替えたい．献立のバランスを崩さない献立のレシピを入替えるために，献立とレシピの相性度を用いる手法と，入替え対象レシピと入替え候補レシピの類似度を用いる手法を提案した．献立とレシピの相性度を用いる手法は，献立とレシピの相性度を定義し，嫌いな材料が含まれるレシピを相性度が高いレシピと入替えることによって，献立のバランスを崩さないレシピ入替えを目指す．

入替え対象レシピと入替え候補レシピの類似度を用いる手法は、入替え対象レシピと類似した、グループの嫌いな材料が入っていないレシピを代替レシピとすることで献立バランスを崩さないレシピ入替えを目指す。

提案手法では、献立のレシピ入替えを行い、推薦候補となる献立から嫌いなレシピを入れ替えた後、グループ向けの献立推薦を行う。献立推薦は既存手法を献立に応用したもので、ユーザ、レシピ、献立の類似度と関係性のグラフを構築し、ランダムウォークという手法を用いてグループのメンバーの好みを組み合わせることによってグループ向けの推薦を実現する。最終的には、推薦対象者の嫌いな材料が入っていない、グループ全体の好みを考慮した献立がランキング形式で推薦される。

以下に、本章の構成を説明する。4.1 節では、本研究の提案手法を行う前に使用するデータの事前処理の説明を行う。本研究で提案する献立のレシピ入替え手法は、大きく 4.2 節で説明する相性度を用いた献立のレシピ入替え手法と、4.3 節で説明する、類似度を用いた献立のレシピ入替え手法に分かれる。献立のレシピ入替えを行い、グループの嫌いなレシピを献立から取り除いた後、4.4 節で説明するレシピ入替え後のグループ向け推薦手法を用いてグループに対して献立を推薦する。



図 4.1 提案手法の流れ

4.1 事前処理

レシピサイトに投稿されるレシピの材料の名前は一般にユーザの自由記述となっている。その為、同じ食材でも様々の表記の方法が存在する。例えば、「玉葱」という食材でもひらがなで「たまねぎ」であったり、「玉葱」や「*玉葱」などレシピの調理手順を表すため、材料名に記号が入っていたりする。

このように、材料の表記にゆれが存在するため、実際には同一の材料であっても、表記の違いにより異なる材料となってしまう。また、同じ食材でも表記の仕方で役割が異なる材料も存在するため、単純に表記ゆれを除去することができない。そのため、本研究では、手作業で表記ゆれであるかどうかを判断し、リストを作成することで材料の表記ゆれを除去した。

4.2 相性度を用いた献立のレシピ入替え

本節では相性度を用いた献立のレシピ入替えを説明する。献立とレシピの相性度を用いる手法は、4.2.1 節、4.2.1.4 節でのべる手法により献立に含まれる各レシピと入替え候補レシピの相性度を求め、求めたレシピ間の相性度を 4.2.2 節でのべる手法により組み合わせることで、献立とレシピの相性度を求める。そのため、レシピ間の相性度を求める手法として「類似度を用いたレシピ間の相性度」と「類似度を用いないレシピ間の相性度」の 2 つの手法を提案した。また、献立に含まれる各レシピとの相性度の組み合わせ、レシピ献立間の相性度を求める手法により「平均値法」と「最小値法」の 2 つの手法を提案した。また、入替え対象レシピと入替え候補レシピの類似度を用いる手法として、後述の 4.2.1.3 節でのべる手法を用いて、献立に含まれるレシピ中のグループの嫌いな材料を含むレシピを入替え対象レシピと、入替え候補レシピ中のグループの嫌いな材料を含まないレシピの類似度を計算し、最も類似度が高い入替え候補レシピを代替レシピとして入れ替える「類似度法」を提案した。以上により、本研究では、レシピ間の相性度の求め方が 2 つ、レシピ・献立間の相性度の求め方が 3 つ、合計 $2 \times 3 = 6$ 通りの献立のレシピ入替え手法を提案した。

平均値法 レシピ間の平均的な相性度を、献立と入替え候補レシピの相性度とする手法

最小値法 レシピ間の最も低い相性度を、献立と入替え候補レシピの相性度とする手法

類似度法 入替え対象レシピと最も類似した入替え候補レシピを、代替レシピとする手法

4.2.3 節でのべる手法を用いて、推薦対象となる献立群に含まれるグループが嫌いな材料を含むレシピの入替えを行う。献立に嫌いな材料を含むレシピが含まれていた場合、献立から嫌いな材料を含むレシピを取り除き、入替え候補レシピと献立との相性度を求め、最も相性度が高い入替え候補レシピを代替レシピとして献立に追加する。献立に嫌いな材料を含むレシピが複数含まれていた場合、嫌いな材料を含むレシピが献立からなくなるまでレシピ入替えを行う。以上を推薦対象となる献立群に含まれる全献立に適用し、レシピ入替え済みの献立群を構築する。最後に、4.2.4 節で献立のレシピ入替えを例を用いて説明する。

4.2.1 レシピ間の相性度

献立と入替え対象レシピの相性度は、献立に含まれる各レシピと入替え対象レシピの相性度の組み合わせである。例えば、「ハンバーグ定食」という献立と「牛蒡サラダ」の相性度を求める場合には、「ハンバーグ定食」に含まれる各レシピ { ご飯, 味噌汁, 玉葱ハンバーグ } と「牛蒡サラダ」のレシピ間相性度を求め、4.2.2 節でのべる手法により、レシピ間の相性度を組み合わせることで、献立とレシピの相性度を求める。レシピ間の相性度を求めるため共起度と類似度の 2 つの指標を定義する。レシピ間の共起度は 2 つのレシピが同じ献立に含まれている割合であり、レシピ間の類似度は 2 つのレシピが共通の材料を含む割合である。共起度を求めるためには 2 つのレシピが同じ献立に含まれる必要があるため、多くのレシピ間では求められない。例えば、「玉葱ハンバーグ」と「牛蒡サラダ」の共起度を求める際、「玉葱ハンバーグ」と「牛蒡サラダ」が同じ献立に含まれてる献立が存在しない場合、共起度は 0 となる。共起度を求められないレシピ間の相性度を求めるため、共起度と類似度の 2 つの指標を組み合わせることによって、同じ献立に含まれる各レシピと類似したレシピとの相性度を求める手法を提案する。例えば、「玉葱ハンバーグ」と「玉葱サラダ」を同時に含む献立が存在し、「玉葱サラダ」と「牛蒡サラダ」が共通する食材を含んでいた場合、まず、「玉葱ハンバーグ」と「玉葱サラダ」の共起度と、「玉葱サラダ」と「牛蒡サラダ」の類似度を求め、求めた共起度と類似度を足し合わせることによって、共起度が求められないレシピ間の相性度を求める。そのため、レシピをノード、共起度と類似度をリンクの重みとしたグラフを構築し、相性度を測る 2 つのレシピ間の最短経路距離の逆数を求め相性度とした。

本節では、4.2.1.1 節で説明する手法を用いてレシピ間の共起度を求め、4.2.1.2 節で説明する手法を用いてレシピ間の類似度を求める。その後、4.2.1.3 節で説明する手法を用いてレシピ間の相性度を算出する。4.2.1.5 節ではレシピ間の相性度の算出を例を用いて説

明する．

4.2.1.1 共起度

レシピ間の共起度は2つのレシピが同じ献立に含まれている割合である．レシピ i を含む献立の集合を $X = \{m_1, m_2, \dots, m_s\}$, レシピ j を含む献立の集合を $Y = \{m_1, m_2, \dots, r_t\}$ とする．レシピ i とレシピ j の共起度は式 4.1 によって求める．

$$occ_{ij} = Jaccard(X, Y) \quad (4.1)$$

例えば, 「玉葱ハンバーグ」を含む献立を {A ランチ, B ランチ, C ランチ, D ランチ, E ランチ} として, 「玉葱サラダ」を含む献立を {A ランチ, B ランチ, F ランチ, G ランチ} とすると, 「玉葱ハンバーグ」と「玉葱サラダ」の共起度は,

$$occ = \frac{2}{7} = 0.29 \quad (4.2)$$

となる．

4.2.1.2 類似度

レシピ間の類似度は2つのレシピが共通の材料を含む割合である．レシピ i の材料の集合を $X = \{f_1, f_2, \dots, f_a\}$, レシピ j の材料の $Y = \{f_1, f_2, \dots, f_b\}$ とする．レシピ i とレシピ j の類似度は式 4.3 によって求める．

$$sim_{ij} = Jaccard(X, Y) \quad (4.3)$$

例えば, 「玉葱サラダ」が含む食材を {A 食材, B 食材, C 食材, D 食材, E 食材} として, 「牛蒡サラダ」を含む献立の集合を {A 食材, B 食材, C 食材} とすると, 「玉葱サラダ」と「牛蒡サラダ」の類似度は,

$$occ = \frac{3}{5} = 0.6 \quad (4.4)$$

となる．

4.2.1.3 類似度を用いたレシピ間の相性度の算出

全レシピをグラフのノードとし, 共起度と類似度を使ってリンクの重みを設定したグラフ G_i を献立に含まれるレシピ毎に構築する．グラフ G_i のリンクの重みはノード間の共起度, 類似度が大きいほど小さくしたい．献立に含まれるあるレシピを r_i , 入替え対象レシピを r_j とする．入替え候補となるレシピの集合を S とし, 共起度が0より大きい場合

は, r_i と各レシピ $r_j \in S$ とをリンクでつなぎ, その重みを $2 - occ_{ij}$ とする. また, 任意のレシピ $r_j, r_k (i = j, k)$ について, このレシピ間の類似度が 0 より大きい場合は, r_j と r_k をリンクでつなぎ, その重みを $2 - sim_{ij}$ とする. グラフは献立に含まれるレシピ毎に作成する.

献立に含まれるレシピの集合を M として, 各レシピ $recipe_i \in M$ についてグラフ G_i を構築する. レシピをグラフ G_i のノードとし, $recipe_j$ のノードを n_j とする. 任意のノード n_j と n_k の間のリンクの重みを $l_{j,k}$ とすると,

$$l_{jk} = \begin{cases} 2 - occ_{j,k} & (occ_{jk} \neq 0, i = j, j \neq k) \\ 2 - sim_{j,k} & (sim_{jk} \neq 0, i \neq j, k, j \neq k) \end{cases} \quad (4.5)$$

となる. $l_{j,k}$ が設定されていないノード間にはリンクは存在しない.

グラフ G_i 上で入替え対象レシピのノードから各レシピのノードまでの最短経路距離の逆数をレシピ間の相性度とする. 本研究ではダイクストラ法を用いることによってグラフ G_i を上の最短経路距離を求めた. これによって、レシピ間の距離が小さいほど相性度が高くなる. レシピ間の相性度は式 4.6 によって求める.

$$Score = \frac{1}{dijkstra(G_i, r_i, r_j)} \quad (4.6)$$

4.2.1.4 類似度を用いないレシピ間の相性度の算出

本研究では, レシピ間の相性度を求めるための手法として, 類似度を用いない相性度の計算手法も提案した. 全レシピをグラフのノードとし, 共起度を使ってリンクの重みを設定したグラフ G'_i を構築する. 献立に含まれるあるレシピ r_i と任意のレシピ $r_j (i = j)$ について, このレシピ間の共起度が 0 より大きい場合は, r_i と r_j をリンクでつなぎ, その重みを $2 - sim_{ij}$ とする. グラフは献立に含まれるレシピ毎に作成する. グラフ G'_i 上で入替え対象レシピのノードから各レシピのノードまでの最短経路距離の逆数をレシピ間の相性度とする. 4.2.1.3 節で用いたダイクストラ法を用いてグラフ G'_i を上の最短経路距離を求める. レシピ間の相性度は式 4.6 によって求める.

4.2.1.5 レシピ間の相性度の算出例

図 4.2 にレシピ間の相性度の求め方の例を示す. 図 4.2 で重みが共起度であるリンクは破線で示した. 献立に含まれるレシピである「牛蒡サラダ」と共通の献立に含まれるレシピのノード間のリンクの重みは, $2 - occ_{ij}$ とする. 「牛蒡サラダ」と共に献立に含まれないレシピ間のリンクのは $2 - sim_{ij}$ を用いて重みを計算する. 「牛蒡サラダ」と各レシピ間の最短経路を計算し, 「牛蒡サラダ」と各レシピの相性度とする.

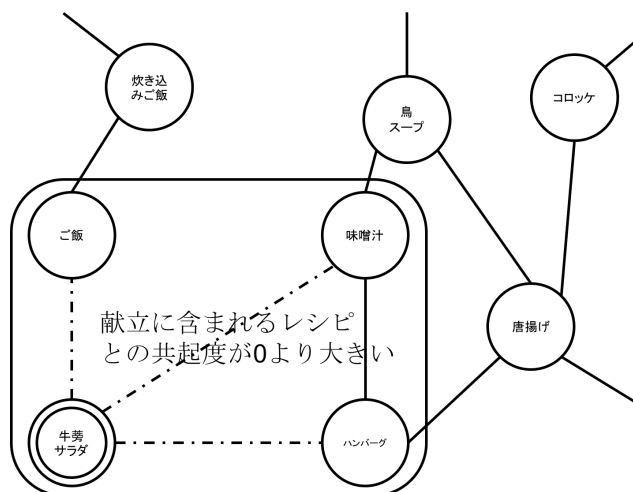


図 4.2 レシピ間の相性度の計算の例

4.2.2 レシピ・献立間の相性度

レシピ・献立間の相性度を求める．本研究では，献立に含まれるレシピと入替え候補レシピの相性度の組み合わせることによって，献立と入替え候補レシピの相性度を求める．レシピ間の相性度の組み合わせの観点は複数あると考えられるため，本研究では，レシピ・献立間の相性度を求める手法として「平均値法」と「最小値法」の2つの指標を定義した．

本節では，4.2.2.1 節でレシピ・献立間の相性度を求める手法である「平均値法」の説明を行い，4.2.2.2 節で「最小値法」の説明を行う．4.2.2.3 節でレシピ・献立間の相性度の求め方を例を用いて説明する．

4.2.2.1 平均値法

平均値法は，献立とレシピの相性を求める際，レシピ間の平均的の相性という観点で献立・レシピの相性度を組み合わせる手法である．献立とレシピの相性度を献立に含まれる各レシピとの相性度の平均を，献立全体と入替え対象レシピとの相性度とする．レシピ間の相性度を求めるための手法として，献立 m に含まれる各レシピと入替え対象レシピの相性度を並べたものを $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ とする．献立 m と入替え候補レシピの相性度は式 4.7 によって求める．

$$\begin{aligned} aveScore &= ave(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n (p_i)}{|P|} \end{aligned} \quad (4.7)$$

4.2.2.2 最小値法

最小値法は，献立とレシピの相性を求める際，レシピ間の最低限の相性という観点で献立・レシピの相性度を組み合わせる手法である．献立に含まれるレシピと入替え対象レシピの最も低い相性度を，献立全体と入替えレシピの相性度とする．献立 m に含まれるレシピの総数を n とする．献立 m と入替え候補レシピの相性度は式 4.8 によって求める．

$$\text{minScore} = \min(p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (4.8)$$

4.2.2.3 レシピ・献立間の相性度の例

「ご飯」「みそ汁」「唐揚げ」の 3 品からなる献立があったとする．入替え対象のレシピとして「牛丼」「スープ」「ハンバーグ」「サラダ」の 4 品があったとする．各レシピ間の相性度の例を表 4.1 に示した．

表 4.1 レシピ間の相性度の例

| | 牛丼 | スープ | ハンバーグ | サラダ |
|-----|------|------|-------|------|
| ご飯 | 0.2 | 0.33 | 3.33 | 0.45 |
| みそ汁 | 1.47 | 0.25 | 0.77 | 0.4 |
| 唐揚げ | 0.45 | 0.31 | 0.33 | 0.5 |

表 4.2 に表 4.1 の献立の相性度を，最小値法と平均値法ごとに示した．最小値法でレシピ間の相性度を組み合わせた場合，どのレシピとも比較的相性度の良い「サラダ」が最も献立と相性度の高いレシピとなる．一方，平均値法を用いた場合，「ご飯」と「ハンバーグ」の相性度が高いため，「ハンバーグ」が献立と最も相性度の高いレシピとなる．

表 4.2 献立・レシピ間の相性度の例

| | 牛丼 | スープ | ハンバーグ | サラダ |
|------|------|------|-------|------|
| 平均値法 | 0.71 | 0.30 | 1.48 | 0.45 |
| 最小値法 | 0.2 | 0.25 | 0.33 | 0.4 |

4.2.3 献立のレシピ入替え

献立に含まれるグループが嫌いな材料を含むレシピを、献立との相性度が最も高いレシピとの入替えることで献立とのバランスを考慮したレシピ入替えを行う。献立に嫌いな材料を含むレシピが複数含まれていた場合、嫌いな材料を含む全レシピに対してレシピ入替えを行い、献立から嫌いな材料を含む全レシピを入替える。献立 S に含まれるレシピの集合を $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 、入替え対象レシピを $R = \{r_1, r_2, \dots, r_l\}$ 、グループの嫌いなレシピを $H = \{s'_1, s'_2, \dots, s'_m\}$ とする。 $s'_i \in S$ の場合、 $S' = S - \{s'_i\}$ として、献立 S' と各レシピ $r_j \in R$ の相性度を求め、最も相性度が高いレシピを代替レシピとして S' に追加する。 Algorithm1 に献立のレシピ入替えの疑似コードを示す。

4.2.4 献立のレシピ入替えの例

献立 m に含まれるレシピを { ご飯, 味噌汁, 玉葱ハンバーグ, 玉葱サラダ } とする。グループの嫌いな材料を「玉葱」とする。「玉葱」を含む「玉葱バンバーグ」を献立から取り除き、{ ご飯, 味噌汁, 玉葱サラダ } と相性度の最も高いレシピ、「茄子ハンバーグ」など、を代替レシピとして追加する。次に、「玉葱サラダ」を献立から取り除き、{ ご飯, 味噌汁, 茄子ハンバーグ } と相性度が高いレシピ、「牛蒡サラダ」など、をレシピとして追加する。最終的に献立 m に含まれるレシピは、{ ご飯, 味噌汁, 茄子ハンバーグ, 牛蒡サラダ } となる。

Algorithm 1 献立のレシピ入替え

Input: $R = \{r_1, r_2, \dots, r_t\}$ //入替え候補レシピ

Input: $S = \{r'_1, r'_2, \dots, r'_u\}$ //入替えを行う献立

Input: $H = \{h_1, h_2, \dots, h_v\}$ //グループの嫌いなレシピ

Input: $flag$ //最小値法を用いる場合 $TRUE$
Output: S' //入替え済み献立

 $S' \leftarrow S$
while $h \in H$ **do**
 $S' \leftarrow S' - \{h\}$
while $r'_k \in S$ **do**
while $r_i \in R$ **do**
while $r_j \in R$ **do**
if $r_i = r'_k$ **then**
 $G[i][j] \leftarrow 2 - occ(i, j)$
else
 $G[i][j] \leftarrow 2 - sim(i, j)$
end if
end while
end while
while $r_l \in R$ **do**
 $scores[l][k] \leftarrow dijkstra(G, r'_k, r_l)$
end while
end while
if $flag$ **then**
 $Score[l] \leftarrow min(scores[l])$
else
 $Score[l] \leftarrow ave(scores[l])$
end if
 $sort(Score)$ //Score を降順にソート

for $m = 0, m < Score.length, m++$ **do**
if $arg(Score[m]) \notin H$ **then**
 $S' \leftarrow S' + arg(Score[m])$ //Score[m] のレシピが H に含まれていない場合

 $break$
end if
end for
end while

4.3 類似度を用いた献立のレシピ入替え

本節では，レシピ間の類似度に基づく献立のレシピ入替え手法を説明する．類似度を用いた献立のレシピ入替えは入替え対象となるレシピと類似したレシピを代替レシピとすることで献立のバランスを崩さずにレシピ入替えを行う手法である．

手法の手順を説明する．入替え対象のレシピを発見したら，全レシピからユーザの嫌いな材料を含まないレシピのみを抽出する．その後，入替え対象のレシピと，ユーザの嫌いな材料を含まない全レシピとの類似度を計算し，ユーザの嫌いな材料を含まないレシピの中から最も類似度の高いレシピを，代替レシピとして，入替え対象レシピとの入替えを行う．そうすることで，ユーザの嫌いな材料を含むレシピを除去すると同時に，献立バランスへの影響を最小限に抑えることができる．レシピ i とレシピ j の類似度は式 4.3 によって求める．

4.4 レシピ入替後の献立のグループ向け推薦

本研究では既存研究の中で精度の高い映画向けのグループ向け推薦手法 [20] をレシピ推薦に拡張した手法を提案する．[20] の手法はユーザの映画への評価を用いて，ユーザ間，映画間の類似度を求め，推薦対象者の好みを束ね合わせることによって映画のグループ向け推薦を実現している．本研究では入替えを行った献立にはユーザの評価の情報がないため，ユーザの評価の情報の代わりに，ユーザの材料の好き嫌いから，好きな材料が入っているレシピを，そのユーザが好むレシピとした．また，推薦対象者と似たユーザの好みを推薦結果に反映するため，サイト利用者間の類似度も求め，推薦手法に反映させた．献立推薦を行うため，ランダムウォークによって，グループの食事の好みを組み合わせ，グループ全体が満足するレシピ入替後の献立の推薦を実現する．

グループ向け献立推薦の全体の流れを図 4.3 に示す．まず，ユーザ・レシピ・献立の関連性を表すグラフを構築する．構築したグラフとランダムウォークという手法を用いて，グラフの中から結びつきの強いノードを見つけ出し，グループ全体が満足する献立として推薦する．

ユーザ・レシピ・献立の関連性を表すグラフは 4.4.1 でのべる手法を用いて構築する．ノードの種類によってグラフは大きくユーザ層，レシピ層，献立層の 3 層に分かれる．各層内のノード間の類似度を定義することによってリンクの重みを設定し，層間の関係を定義することによって，ユーザ，レシピ，献立のノード間のリンクの重みを設定する．グラ

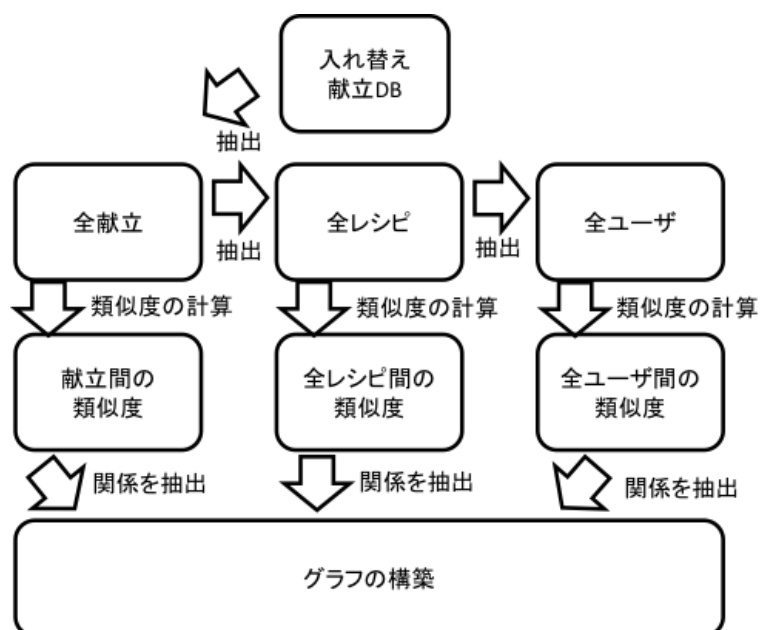


図 4.3 グラフ全体の流れ

フを構築したのち，4.4.2 節でのべる手法を用いて，推薦結果を導出する．推薦結果は献立のスコアに応じてランキング形式で導出される．本節では 4.4.1 で説明する手法を用いてグラフを構築し，4.4.2 節で構築したグラフを用いたグループ向け献立推薦のアルゴリズムを説明する．

4.4.1 献立推薦のグラフの構築

図 5 にグラフの全体図を提示する．グラフは大きくユーザ層，レシピ層，献立層の 3 層に分かれている．各層はノード間の類似度をリンクの重みとしている．本節では，類似度を求めることによって各層を構築し，各層を組み合わせることで全体のグラフを構築する手法を説明する．

本節では，4.4.1.1 節で説明する手法を用いてユーザ層を構築し，4.4.1.2 節で説明する手法を用いてレシピ層を構築し，4.4.1.3 節で説明する手法を用いて献立層を構築する．最後に 4.4.1.4 節で説明する手法を用いて構築したユーザ層・レシピ層・献立層を組み合わせることで献立推薦のグラフ全体を構築する．

4.4.1.1 ユーザ層の構築

まず，ユーザ層について説明する．ユーザ間の類似度はユーザのレシピリストの類似度とする．ユーザにはサイト利用者と推薦対象者の2種類が存在する．まず，サイト利用者のレシピリストの求め方から説明する．レシピ投稿サイトには「調理レポート」という機能が存在し，投稿されたレシピに対して，レシピを作ったことを紹介するレポートを投稿することができる．サイト利用者は複数のレシピに対し「調理レポート」を投稿することができる．「調理レポート」を投稿したサイト利用者は作ったレシピに対して肯定的な評価をしていると考えられる．そして，同じような「調理レポート」の履歴を持つユーザは同じような好みを持つと考えられる．そのため，レシピリストはサイト利用者が「調理レポート」したレシピの集合である．

次に推薦対象者のレシピリストの求め方を説明する．推薦対象者はシステムに好きな材料とカテゴリを入力する．本研究では推薦対象者の好きな材料を含むレシピ，もしくはカテゴリに関連するレシピを推薦対象者の好むレシピとする．そのため，レシピリストは，入力した材料を含むレシピと好きなカテゴリに含まれるレシピを含む．

最後に，レシピリストを用いてユーザ層の構築の方法を説明する．サイト利用者と推薦対象者の合計数を m とすると，ユーザ層は m のユーザ間の類似度の行列 U として表す．ユーザ i のレシピリストを X とする．ユーザ j のレシピリストを Y とする．ユーザ i とユーザ j の類似度は式 4.9 で求める．式 4.9 はユーザのレシピリストの一致度を示す値である．

$$U_{ij} = Jaccard(X, Y) \quad (4.9)$$

4.4.1.2 レシピ層の構築

次に，レシピ層について説明する．レシピ投稿サイトのレシピは複数の献立に含まれている．レシピが含まれる献立を基にレシピ間の類似度の層を構築する．レシピの類似度は式 4.1 で求める．レシピの類似度を求めることによりユーザが好むレシピと似たレシピが含まれる献立を推薦することができる．

4.4.1.3 献立層の構築

最後に，献立層について説明する．献立は複数のレシピで構築されている．献立数を l とすると，献立層は l の献立間の類似度の行列 M として表す．献立 i が含むレシピの集合を X とする．献立 j が含むレシピの集合を Y とする．献立 i と献立 j の類似度は，式

4.10 で求める．式 4.10 は 2 つの献立に含まれるレシピがどれだけ一致しているかという値である．

$$M_{ij} = Jaccard(X, Y) \quad (4.10)$$

献立に含まれるレシピの類似度を計算することで，ユーザが好むレシピが含まれる献立と似た献立を推薦することができる．

4.4.1.4 層間のリンクの設定

ユーザ・レシピ・献立の 3 層はそれぞれのリンクで結ばれる．ユーザ・レシピ間のリンクは，ユーザのレシピリストにレシピが含まれる場合につなぐ．ユーザ・レシピ間の関係は $m \times n$ の行列 UR として表す．ユーザ i とレシピ j の関係 UR_{ij} は，式 4.11 によって表す．

$$UR_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{ユーザ } i \text{ がレシピ } j \text{ をレポート}) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (4.11)$$

レシピ・献立間のリンクは献立にレシピが含まれている場合につなぐ．このことによってユーザが好むレシピが含まれる献立が推薦される．レシピ・献立間の関係は $n \times l$ の行列 RM として表す．レシピ i と献立 j の関係 RM_{ij} は，式 4.12 に表す．

$$RM_{ij} = \begin{cases} 1 & (\text{献立 } i \text{ がレシピ } j \text{ を含む}) \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (4.12)$$

本研究ではグラフを隣接行列 G_2 として表す．隣接行列 G_2 は対称行列であり，一辺の長さがユーザ数，レシピ数，献立数の合計となっている．グラフ G は式 4.13 で表す．

$$G_2 = \begin{pmatrix} U & UR & 0 \\ (UR)^T & R & RM \\ 0 & (RM)^T & M \end{pmatrix} \quad (4.13)$$

また，本研究では，各ノードから出ているリンク数を制限するため，値が大きい上位 10 件のリンクのみを利用する．その後，各ノードから出ているリンクの重みの合計が 1 となるようにリンクの重みを正規化した．

4.4.2 献立推薦のアルゴリズム

献立リストの作成手法について説明する．まず，構築したグラフ上をリンクの重みを確率変数としてランダムに移動するポインタを用意する．これによって，結びつきの強いノードのポインタの訪問回数が増える．図 4.5 にポインタの移動のイメージを示す．

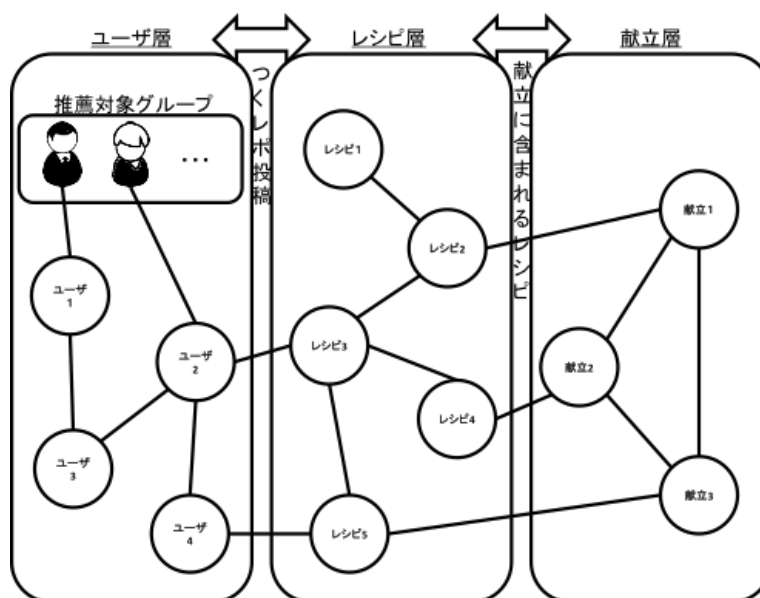


図 4.4 グラフの全体

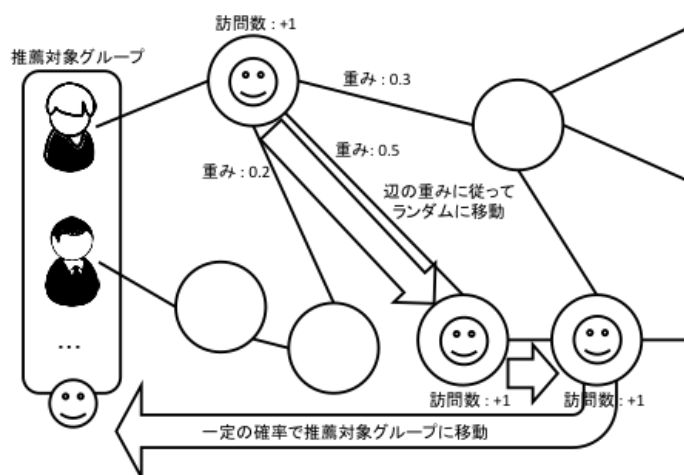


図 4.5 ポインタの移動のイメージ

まず，推薦対象者のノードからランダムに一つノードを選んでポイントの出発点とする．ポイントは類似度や関連性などリンクの重みを確率変数としてランダムに移動を繰り返す．移動を繰り返すごとに訪問したノードは，訪問数が1ずつ加算されていく．また，推薦対象者と結びつきの強いノードを発見するため，移動を繰り返す際，一定の確率 a でポイントの現在位置にかかわらず，推薦対象者のノードにポイントは移動する．この動作を何度も繰り返すことによって推薦対象者の近くのノードほど訪問する確率が高くなる．

ポインタは予め決めておいた x 回の移動を行う． x の値が大きいほど推薦結果の精度が向上する．また， x の値が大きいほど献立推薦に必要な計算時間が増加する．移動を終えた時点でランダムウォークは終了とし，ノードの中から献立のノードのみを抽出する．献立のノードを抽出してポインタの訪問回数の多い順にソートしてグループ向けの献立ランキングとして推薦する．

第5章

評価

本章では，グループのメンバーの食に関する好き嫌いを元に献立のレシピ入替えを行い，グループのメンバーが嫌いなレシピを取り除いた献立群を用いてグループに対して献立推薦を行うことで，グループのメンバーの推薦結果への満足度が向上することを確認することを目的とする．本研究の評価は，提案手法によって推薦された献立のグループ満足度とレシピ入替えの妥当性という2つの観点から行った．本研究の提案手法として「類似度法」「平均値法」「最小値法」の3つの手法をと，比較評価を行うために献立のレシピ入替えを行わずにグループ向けに献立を推薦する「オリジナル」の手法の合計4つの手法で，グループに対して献立を推薦した．また，後述の5.5.1節でのべる理由により，レシピ間の相性度の算出手法は類似度を用いた算出手法を用いることとした．献立推薦の満足度に関する評価では被験者10名が重複して所属する5つのグループを対象として，被験者に対して食材の好き嫌いと，レシピカテゴリの好き嫌いのアンケート調査を行いアンケート調査の結果を元に，献立のレシピ入替えと，献立のレシピ入替え後のグループ向け献立推薦を行った．献立の推薦結果の上位10件を用いて，被験者に対して推薦結果の満足度に関するアンケート調査を行った．レシピ入替えの妥当性に関する評価では，栄養士8名を対象として，4つの手法によるレシピ入替え結果に対して献立バランスの調査をアンケートで行った．

本章の構成は以下の通りである．5.1で本研究の提案手法の評価方法についてのべる．5.2節で，比較手法の説明を行う．5.3節では評価で用いたクックパッドのデータセットに関する説明をする．5.5節で評価実験の結果を述べる．結果は，本研究の提案手法である「最小値法」が最も高い評価を受けた．

5.1 評価方法

本研究の提案手法は大きく分けて献立のレシピ入替えと、入替えを行った後のグループ向け献立推薦のシステムに分類される。本研究の目的は、推薦された献立へのグループの満足度の向上であるが、推薦結果へのグループの満足度を向上させるためには、献立のレシピ入替えを献立バランスを崩さずに行う必要がある。そのため、本研究では提案手法に対して、

- 提案手法によって推薦された献立のグループ満足度
- 入替えを行った献立の妥当性

という2つの観点から評価実験を行った。実験には、投稿型レシピサイトであるクックパッドのデータベースを用いた。また、レシピの「調理レポート」として、クックパッドの「つくレポ」の情報を用いた。

本節では、5.1.1 節で献立の満足度の評価方法について説明を行い、5.1.2 節でレシピ入替えの妥当性の評価方法について説明する。

5.1.1 献立推薦の満足度

推薦された献立のグループの満足度の評価方法をアンケートにより評価した。被験者の大学院生男女合計10人を対象としてアンケート調査を行った。被験者はそれぞれメンバーの異なる2つのチームに所属して、4人のメンバーが所属する5つのチームにランダムに分けてアンケート調査を行った。まず、グループ向け推薦を行うために必要な情報を得るため、各被験者の好きな材料、好きなカテゴリ、嫌いな材料、嫌いなカテゴリをアンケートにより調査した。アンケートの結果を用いて提案手法により、データベースから各々のグループの満足度の高い献立を推薦した。入力する好きな材料数、好きなカテゴリ数、被験者一人につき最大で3つまでとした。

提案システムのランダムウォークのポインタが推薦対象者のノードに戻る遷移確率 α は既存手法と同じで最も制度が高い0.15とした。推薦された献立のランキングの上位10件をグループの満足度が高い献立とした。

推薦された献立の妥当性を評価するために、再度、被験者にアンケートを行ない、それぞれ献立を提案手法ごとの上位10件の推薦結果を献立名は提示せずレシピのリストのみ提示し、献立をランダムな順序に並べ替えて被験者に提示した。被験者は提示された献立

に対し満足度を 5 段階で評価した。「この献立を食べたいか」という質問で評価を行った。

5.1.2 レシピ入替えの妥当性

レシピを入替えた献立が献立として成り立っているかをアンケートにより評価した。まず、「オリジナル」、「類似度法」、「平均値法」、「最小値法」ごとに献立の推薦を行った。その後、各手法ごとに推薦された献立をランダムで 5 件ずつ、合計で 20 件抽出した。被験者は 8 人の栄養士を対象とし、献立は被験者が入替えを行ったかどうか分からないように、献立名は伏せ、レシピのリストのみを提示しランダムな順番で並び替えた。アンケートでは献立バランスを 5 段階の評価で依頼した。献立バランスとは献立のレシピの食べ合わせや栄養の適性をはかるものであり、「この献立のバランスは良いか」と質問することで評価を行った。アンケートの解答率は 75% だった。

5.2 比較手法

提案手法を比較評価するため、ベースラインとして「オリジナル」を用いた。「オリジナル」は献立のレシピ入替えを行わずグループ向けに献立を推薦する手法である。献立のレシピの入替えを行わないため、献立のバランスの良さという観点では最も精度が高い手法と考えられる。

5.3 データセット

クックパッド株式会社が国立情報学研究所と協力して研究者に提供しているデータセットを本実験では利用した。このデータ内では、35928 件の献立データがあった。献立には献立を閲覧したユーザによって「参考になった!」の評価が付けられており、本実験では質の高い献立のみを推薦の対象とするために、「参考になった!」の数が 30 件以上の献立のみを抽出して提案手法による献立推薦の対象とした。抽出された献立数は 5329 件であり、抽出された献立に含まれるレシピの件数は 14645 件であった。本実験では献立に含まれるレシピを入替えに利用するレシピとした。計算時間が多大と成ることを防ぐために、入替えに利用するレシピに「つくレポ」を投稿したユーザの中から、つくレポ投稿数をもとに 3362 人を抽出して利用した。表 5.1 に評価に使用したデータの数値をまとめる。

表 5.1 評価に用いたデータ数

| 献立数 | レシピ数 | ユーザ数 |
|--------|---------|--------|
| 5329 件 | 14645 件 | 3362 人 |

5.4 計算時間

OS:Windows10Pro64 ビットと , 2 コア プロセッサ: Intel(R)Xenon(R)CPU E%-2630v2@2.60GHz 2.60GHz と , メモリ:16GB を搭載した計算機で , レシピ入替え手法として「最大値法」を用いた献立推薦にかかった計算時間を表 5.2 に示す . 計算時間はレシピ入替え数により変化するため , レシピ入替え数ごとに計算時間を測定した .

表 5.2 レシピ入替え数ごとの計算時間

| 入替え数 | 4389 品 | 5457 品 | 7796 品 | 9752 品 | 9862 品 |
|------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 計算時間 | 618.0058 分 | 750.3015 分 | 1089.0831 分 | 1405.5619 分 | 1407.3078 分 |

レシピ入替え数による計算時間の変化を図 5.1 に示す . 横軸がレシピ入替え数を表し , 縦軸が計算時間を表す . レシピ入替え数に比例して計算時間が増大していることが確認できる .

5.5 評価結果

本節では , 本研究の評価結果を説明する . 5.5.1 節では本研究で提案したレシピ間の相性度を求める手法である「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」と「類似度を用いないレシピ間の相性度算出」の献立のレシピ入替え結果を比較して , 本研究の評価に「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」を用いた理由を述べる . 5.5.2 節では , 献立推薦のグループ満足度の評価結果についてのべる . 結果は「最小値法」により献立のレシピ入替えをおこなった献立群を用いたグループ向け推薦結果が最も高い評価を得た . 5.5.3 節では , 専門家によるレシピ入替えの妥当性に関する評価結果についてのべる . 結果として , 「最小値法」による献立のレシピ入替えが , 最もレシピ入替えを行わないオリジナルの献立とバランスへの影響が少なく , 良い結果であることがわかった .

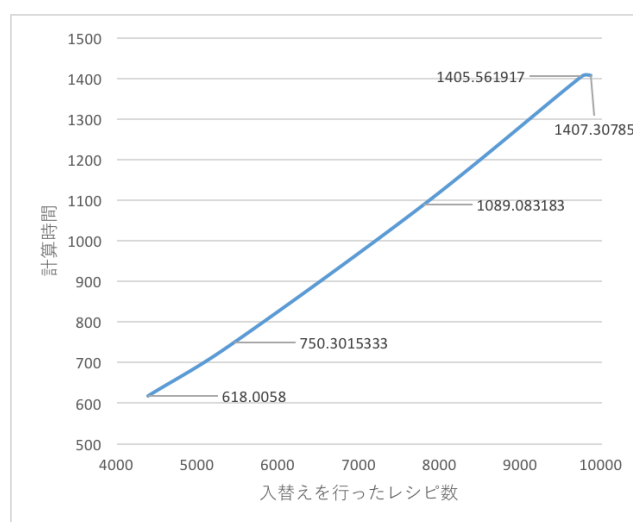


図 5.1 レシピ入替え数による計算時間の変化

5.5.1 レシピ間相性度算出法ごとの入替え結果の比較

本節では、本研究で提案したレシピ間の相性度の算出手法のうち、4.2.1.4 節で説明した、「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」と「類似度を用いないレシピ間の相性度算出」ごとによる、献立・レシピ間の相性度結果の違いについて比較する。献立のレシピ入替えは、グループの嫌いな材料を除いた { 松茸ご飯, 味噌汁, 唐揚げ } からなる献立に対してレシピ入替えを行う。「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」のレシピ入替え結果を表 5.3 に、「類似度を用いないレシピ間の相性度算出」のレシピ入替え結果を表 5.4 に示す。各表は、レシピ・献立間の相性度を求める手法である「平均値法」と「最大値法」ごとに献立との相性度が高い上位 10 件を掲載した。なお、レシピ入替えを行う際は、グループが嫌いな食材を含まないレシピのうち、献立との相性度が最も相性度が最も高いレシピを代替レシピとする。

まず、表 5.3 の結果では「最小値法」を用いた献立・レシピ間相性度は「基本のスパサラ」が最も相性度が高く、1 位以降のレシピも「ほうれん草」や「バター」を用いたサラダ系のレシピが多い。これは、対象とする献立と相性が良いと考えられる。また「平均値法」を用いた献立・レシピ間相性度もサラダ系のレシピが多いが「*鶏唐のあまあま にんにく炒め*」などすでに献立に含まれているレシピと雰囲気の似たレシピが「最小値法」と比較して多く上位に出現した。

次に、表 5.4 の結果について説明する。「最小値法」による献立・レシピ間の相性度算出

の場合、「簡単 ペイザンヌ・野菜スープ」や「簡単！ 黒ゴマご飯」などすでに献立に含まれているレシピと雰囲気の良いレシピが上位に出現した。「平均値法」でも、「きゃべつと油あげとしめじのお味噌汁」などが献立にすでに含まれているレシピと雰囲気がよく似ている。

以上の結果により、「類似度を用いないレシピ間の相性度算出」と比較して明らかに「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」が良い結果であると考えられる。そのため、本研究ではレシピ間の相性度の算出手法として「類似度を用いたレシピ間の相性度算出」を用い評価実験を行った。

表 5.3 類似度を用いたレシピ間の相性度算出

| 平均値法 | 最小値法 |
|--------------------|---------------------|
| *鶏唐のあまあま にんにく炒め* | 基本のスパサラ |
| こってり カツオの中華風たたき | ほうれん草とカイワレのツナサラダ |
| 基本のスパサラ | ほうれん草のバターコーン炒め |
| 厚揚げと長芋・しめじの味噌煮 | *ツナともやしのちゃちゃっと炒め* |
| なめらか ほうれん草の白和え | ひじきと貝割れの ツナあえ |
| 照り焼きカレーチキン | 全部細切り！ 野菜炒め |
| 簡単 長芋とがんもどき・えのきの煮物 | すぐに出来ちゃう ツナれんこん |
| ナスと厚揚げ・シメジの煮物 | 簡単ランチに ツナと大葉のうどん |
| 簡単 厚揚げと大根・エノキの煮物 | エリンギとほうれん草のバター醤油パスタ |
| ピーマンとジャガイモオイスター炒め | ほうれん草と舞茸の梅バター醤油炒め |

5.5.2 献立推薦のグループの満足度

本項では、献立推薦のグループの満足度の結果を示す。グループの満足度は、各手法ごとに推薦した献立に対する被験者の評価の平均点を用いた。

図 5.5 はレシピを入替える前後の献立を推薦した結果に対する被験者の推薦結果の上位 n 件までの評価の平均である。 $n = 10$ の場合、本研究のベースラインとして用いた「オリジナル」は被験者の推薦された献立に対する評価の平均点は 3.00 だった。「類似度法」は 3.07 だった。「平均値法」に対する評価の平均点は 2.79 だった。「最小値法」に対する評価の平均点は 3.17 だった。さらに、有意差検定を行った結果、図 5.5 の*及び**の値は

表 5.4 類似度を用いないレシピ間の相性度算出

| 平均値法 | 最小値法 |
|----------------------|-----------------------|
| すだちのオシャレな飾り切り | ほっくほく基本のポテトコロケ |
| お弁当に*プチトマトの飾り切り* | お弁当に！ 5分で完成 さつま揚げの甘辛煮 |
| まあるい卵焼き（お弁当に） | イカも大根もやわらかいイカ大根 |
| なめらか ほうれん草の白和え | まあるい卵焼き（お弁当に） |
| 塩トマトの次は「塩ピーマン」 | 簡単おいしい 隠元のごま和え |
| 焼きオクラの生姜マリネ | 簡単 ペイザンヌ・野菜スープ |
| 基本のスパサラ | 切り干し大根と高野豆腐の煮物 |
| お弁当にお手軽レシピ むね肉のパン粉焼き | お弁当・朝ごはんに ネギのたまご焼き |
| じゃがべー焼き | 簡単！ 黒ゴマご飯 |
| きゃべつと油あげとしめじのお味噌汁 | 裏ワザ有り 柔らかお肉のとんかつ |

ベースラインであるオリジナル (ori) と比べて有意に高い値 (*は $p < 0.05$, **は $p < 0.01$) であることがわかった。「平均値法」はベースラインと比較して評価が低かった。「最小値法」はベースラインである「オリジナル」と比較して評価が高く、「類似度法」と比較しても僅差であるが評価が高かった。また、 $n = 10$ 付近では差が縮まっているものの、 n の値が小さい推薦結果の上位においては明らかに「最小値法」の評価が高くなっている、以上のことから、本研究の提案手法のうち「最小値法」は「平均値法」より献立のレシピ入替えに有効であり、ベースラインと比較しても有効であることがわかった。

表 5.5 推薦結果の上位 n 件までの評価の平均

| | オリジナル | 類似度法 | 平均値法 | 最小値法 |
|----------|-------|------|------|--------|
| $n = 1$ | 2.79 | 2.84 | 2.89 | 3.26 |
| $n = 3$ | 2.65 | 3.00 | 2.72 | 3.26** |
| $n = 5$ | 2.74 | 2.97 | 2.74 | 3.09* |
| $n = 10$ | 3.00 | 3.07 | 2.79 | 3.17 |

5.5.3 レシピ入替えの妥当性

栄養士によるレシピ入替えの前後での献立のバランスの変化を評価した．栄養士に献立のバランスの評価を依頼した．各提案手法ごとの評価の平均の結果を表 5.6 に表した．

表 5.6 レシピ入替えの妥当性

| | オリジナル (目標値) | 類似度法 | 平均値法 | 最小値法 |
|----|----------------|------|------|------|
| 評価 | 3.4 | 2.95 | 2.53 | 3.4 |

被験者の各手法に対する評価の平均は「オリジナル」は 3.4 , 「類似度法」は 2.95 , 「平均値法」は 2.53 , 「最小値法」は 3.4 となった．「平均値法」は評価が 2.53 となり , 「オリジナル」の評価である 3.4 と比較してバランスの評価が下がった．また , 「類似度法」の評価である 2.95 と比較しても評価が低かった．「最小値法」は評価が 3.4 となり「類似度法」と比較して評価が高かった．また , 「オリジナル」と比較しても献立のバランスの評価が同じだった．レシピ入替えを行わない献立は最もバランスが良いと考えられるため , 「最小値法」によるレシピ入替えは , 献立のバランスに影響を与えなかったと考えられる．

5.6 レシピ入替えの結果の例

表 5.7 に「葱」が嫌いなグループの実験データを用いた , レシピ入替えの一例を示す．表 5.7 の「オリジナル」の「トマトときゅうりのパクパクサラダ」に推薦対象者の嫌いな材料である「葱」が含まれていたため , レシピ入替えの対象になった．

「類似度法」では , レシピの雰囲気が違う「ピリ辛レンコン炒め」に入替わった．これは , 類似度を計算する際 , 材料の中で「すりごま」「めんつゆ」「砂糖」などの調味料が多く一致し , レシピ間の類似度が高くなったためと考えられる．

「平均値法」では , すでに献立に含まれている「ピーマンの消費に超簡単焼きピーマン」と雰囲気の似た「簡単 ピーマンの肉詰め」に入替わった．これは , 「ピーマンの種を簡単に取り出す方法」など , ピーマンととても相性度の高いレシピが献立に含まれていたため , 献立に含まれるレシピとの平均的な相性度が高くなったためと考えられる．

「最小値法」では , 献立から取り除いたレシピである「トマトときゅうりのパクパクサラダ」とレシピの雰囲気の似た「安いトマトが激ウマに! トマトの胡麻和え」に入替わった．

表 5.7 レシピ入替えの結果の例

| | オリジナル | 類似度法 | 平均値法 | 最小値法 |
|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 献立 に含 まれ るレ シ ピ 名 | 大根とひき 肉で簡単と ろ～り煮物 | 大根とひき 肉で簡単と ろ～り煮物 | 大根とひき 肉で簡単と ろ～り煮物 | 大根とひき 肉で簡単と ろ～り煮物 |
| | ピーマンの 消費に超簡 単焼きピー マン | ピーマンの 消費に超簡 単焼きピー マン | ピーマンの 消費に超簡 単焼きピー マン | ピーマンの 消費に超簡 単焼きピー マン |
| | トマトとき ゅうりのパ クパクサラ ダ | ピリ辛レ ンコン炒め | 簡単 ピー マンの肉詰 め | 安いトマト が激ウマに! トマトの胡 麻和え |
| | ピーマンの 種を簡単に 取り出す方 法 | ピーマンの 種を簡単に 取り出す方 法 | ピーマンの 種を簡単に 取り出す方 法 | ピーマンの 種を簡単に 取り出す方 法 |

5.7 「類似度法」によるレシピ入替えの結果の例

表 5.8 に「人参」が嫌いなグループの実験データを用いた、「類似度法」によるレシピ入替えの一例を示す。表 5.8 の入替え前のレシピでは推薦対象者の嫌いな材料である「人参」が含まれていたため、レシピ入替えの対象となった。

レシピ入替え前には推薦対象者の嫌いな材料である「人参」が含まれていたが、入れ替え後では材料に「人参」が含まれていない。しかし、9 件の材料の中で「厚揚げ」、「こんにゃく」など、全部で 6 件の材料が一致しており、入替え可能なレシピである。

表 5.9 にはうまくいかなかった「類似度法」によるレシピ入替えの例を示す。表ではレシピに含まれる材料の中で、7 件が一致しており、入替えの前後の類似度は高い。しかし、入替え前のレシピには「ご飯」が含まれており主食であったが、入れ替え後のレシピには「ご飯」が含まれておらず、主食ではないレシピに入れ替わってしまったため、バランスの悪い献立であると考えられる。

表 5.8 入替え前後の材料の一覧の例

| | レシピ入替え前 | レシピ入替え後 |
|-------------|----------------|----------------|
| レシピ名 | 厚揚げと蒟蒻・ピーマンの煮物 | 厚揚げと蒟蒻・ピーマンの煮物 |
| レシピに含まれる材料名 | 厚揚げ | 万願寺とうがらし |
| | こんにゃく | 厚揚げ |
| | ピーマン | こんにゃく |
| | 人参 | 鰹節 |
| | だし汁 | だし汁 |
| | 砂糖 | 砂糖 |
| | うすくち醤油 | マヨネーズ |
| | みりん | うすくち醤油 |
| | 大根おろし | みりん |

表 5.9 うまくいかなかったレシピ入替えの材料の一覧の例

| | レシピ入替え前 | レシピ入替え後 |
|-------------|-------------|----------------------|
| レシピ名 | 意外と簡単 ちらし寿司 | 日本酒がほんのり香る、ふんわりだし巻き卵 |
| レシピに含まれる材料名 | ご飯 | 卵 |
| | 卵 | 出汁 |
| | 出汁 | みりん |
| | みりん | 水 |
| | 水 | 酒 |
| | 酒 | サラダ油 |
| | サラダ油 | 砂糖 |
| | 砂糖 | |
| | 人参 | |

第 6 章

考察

本章では、本研究の評価結果について考察を行う。本研究の提案手法の評価は、献立推薦のグループの満足度と献立のレシピ入替えの妥当性の 2 つの観点から行ったため、考察も献立推薦のグループの満足度と献立入替えの妥当性の観点から行う。6.1 節で献立推薦のグループの満足度の観点から本研究で提案した 3 つの手法に関する考察を行い、6.2 節では献立入替えの妥当性という観点から提案手法の考察を行った。結果として、本研究の提案手法のうち最も有効な手法は「最小値法」であることがわかった。

6.1 献立推薦のグループの満足度

本研究ではレシピ入替えの提案手法として「類似度法」、「平均値法」、「最小値法」の 3 つの手法を提案した。6.1.1 節で提案手法の 1 つである「類似度法」について考察を行った。6.1.2 節で「平均値法」についての考察を行い、6.1.3 節で「最小値法」に関する考察を行った。結果として、本研究の提案手法のうち、献立推薦のグループの満足度という観点で最も有効な手法は「最小値法」であることがわかった。

6.1.1 類似度法

「類似度法」はベースラインである「オリジナル」と比較して推薦結果に対するグループの満足度が僅かに向上した。しかし、グループ向け推薦の満足度の推薦結果に対する全体の評価に大きな変化は見られなかった。5.6 節で示した、レシピ入替えの結果の例のように、レシピの材料の類似度に基づいてレシピ入替えを行った場合、「トマトときゅうりのパクパクサラダ」がレシピの雰囲気異なる「ピリ辛レンコン炒め」に入れ替わった。これは、「すりごま」「めんつゆ」「砂糖」などの調味料の一致が多く、レシピ名に材料

名が含まれており重要であると考えられる「トマト」や「きゅうり」が代替レシピに含まれなかったからであると考えられる．このようなレシピ入替えが献立のバランスに悪い影響を与え，結果として推薦結果のグループの満足度を下げることになると考えられる．

6.1.2 平均値法

「平均値法」はベースラインである「オリジナル」と比較して有効性が確認できなかった．「平均値法」は栄養士による献立バランスの評価が低く，他の手法と比較してバランスの悪い献立が推薦されたことが原因であると考えられる．5.6 節で示した，レシピ入替えの結果の例では「トマトときゅうりのパクパクサラダ」が「簡単 ピーマンの肉詰め」と入れ替わっている．しかし，献立にはすでにピーマンを利用したレシピである「ピーマンの消費に超簡単焼きピーマン」が含まれているため，献立のバランスは良くないと考えられる．「平均値法」では献立に含まれるレシピの中，入替え候補とても相性度が高いレシピが存在すると，献立に含まれる他のレシピとの相性度が低くても平均値は高くなるため，代替レシピとなってしまふ．例えば，レシピ入替えの例では，代替レシピである「簡単 ピーマンの肉詰め」は，すでに献立に含まれている「ピーマンの種を簡単に取り出す方法」と相性度が高かったため，献立全体を見るとバランスが悪い入替え対象レシピが代替レシピとして選ばれたと考えられる．

6.1.3 最小値法

「最小値法」はベースラインと比較して有効な手法であることが確認された．「最小値法」は栄養士による献立バランスの評価が，入替えを行わない「オリジナル」の献立とほぼ同じであり，推薦対象となる献立からグループの嫌いな材料を取り除いたことによって，グループのメンバーの嫌いなレシピが推薦されなかったからであると考えられる．

結果として，本研究の提案手法のうち最も有効な献立のレシピ入替え手法は「最小値法」であると考えられる．

6.2 献立のレシピ入替えの妥当性

本節で献立のレシピ入替えの妥当性を考察する．6.2.1 節で提案手法の 1 つである「類似度法」について考察を行った．6.2.2 節で「平均値法」についての考察を行い，6.2.3 節で「最小値法」に関する考察を行った．結果として，本研究の提案手法のうち，献立のレシピ入替えの妥当性という観点で最も有効な献立の手法は「最小値法」であることがわ

かった。

6.2.1 類似度法

「類似度法」は「オリジナル」と比較して献立バランスがやや下がった。「類似度法」の個別の入替え例を見てみると表のような入替えも存在する。表の場合、入替え前のレシピは献立の主食であり、ご飯が含まれることが重要であった。しかし、入れ替え後のレシピでは「ご飯」が含まれておらず、主食でないため入替えとして問題がある。しかし、「ご飯」以外の多くの材料が一致していたため表のような結果になったと考えられる。その為、レシピの入替えにはレシピの食べ合わせや材料の役割も考慮する必要があると考えられる。

6.2.2 平均値法

「平均値法」は献立に含まれる各レシピとの相性度が平均的に高い入替え対象レシピを代替レシピとして選択している。そのため、献立に含まれるレシピの中に一つでも相性度が高いレシピが存在した場合、他のレシピとの相性度が低くても代替レシピとして選択される。そのため、相性度の低いレシピ同士が同じ献立に含まれバランスの評価が下がったと考えられる。バランスが悪い献立が推薦されると、献立の評価が下がり、グループ向けの献立推薦の結果にも悪い影響を与えたと考えられる。

6.2.3 最小値法

「最小値法」はベースライン手法である「オリジナル」と比較して献立のバランスに大きな変化が見られなかった。そのため、本研究で提案した献立のレシピ入替え手法の中で、バランスを考慮したレシピ入替え手法として有効な手法は「最小値法」であると考えられる。

6.3 グループ向け推薦の分野における本研究の位置付け

本研究は、献立とレシピの相性度を定義し、献立バランスを考慮しながらユーザの好む献立のコンテンツを作成し、作成したコンテンツをグループのユーザに対して推薦した。そのため、本研究は献立を対象としたものであるが、献立に限定せず、グループ向け推薦の研究分野全体において、多くの人が好ましいと感じるバランスを考慮しながら複数のコンテンツを組合せてグループ向けの推薦を行う点で新規性があると考えられる。例えばグ

ループで旅行をする際，本研究の提案手法を応用することで，観光地のバランスを考慮して旅行プランを組み替えてグループに対して推薦することができると考えられる．また，グループで音楽を聴く際，音楽のバランスを考慮してプレイリストを組み替えグループに対して推薦を行うことも可能であると考えられる．

第 7 章

関連研究

7.1 レシピ推薦

高畑ら [3] はレシピの調理履歴と閲覧履歴から食材単位で嗜好を抽出する手法を提案した。そして、レシピの最終調理日を考慮することにより、類似のレシピが続けて推薦されないシステムを提案した。また矢島ら [4] は調理履歴や閲覧履歴を基に、レシピの調理難易度、個人の食材の嗜好、個人が得意とするレシピの調理法を推測し、ユーザの現在の状況に適した ” かんたん ” なレシピを推薦する手法を提案した。池尻ら [5] は意外性のあるレシピ抽出を目的とし、TF-IDF をレシピに応用した RF-IIF を提案した。提案手法はレシピに含まれる材料の意外度を算出しユーザに意外レシピのランキングを行う。また、レシピ間の類似度を求め類似したレシピを取り除くことにより、多様性のある意外レシピの抽出に成功した。Forbes ら [6] はコンテンツの情報を直接てきにアルゴリズムに取り入れる手法を提案し、個人向けのレシピ推薦を行った。その結果、提案手法は推薦の精度が高だけでなく、ユーザに対してコンテンツに関する便利な情報を与えることがわかった。Pessemier ら [7] は明示的に示されたレシピのレートと、ユーザがシステムに入力した食事履歴を組み合わせることによってレシピを推薦する手法を提案した。また、ユーザの日々の食事量を用いることで最適な分量のレシピを推薦する手法を提案した。

これらの研究 [3][4][5][6][7] はレシピの推薦を目的としており、本研究は複数のレシピを組み合わせた献立の推薦を目的としている点で異なる。

志土地ら [8] の研究では、tf-idf の手法を応用して、同一のカテゴリ内のレシピ群の特徴的な調理手順の抽出を行ない、調理手順の類似度を計算することによって代替素材を発見する手法を提案した。また、花井ら [9] の研究では、健康を意識した代替食材を発見する手法を提案した。健康を意識したレシピの材料の入替えを行うため、材料に含まれる栄養

分などを抽出して，入替え対象の材料との類似度を求めることによって代替素材を発見した．

しかし，これらの研究 [8][9] は，レシピの材料を入替える際，献立のバランスを考慮していないため，バランスを考慮したレシピ入替えを行う本研究には利用できない．

7.2 献立推薦

大野ら [10] の研究では，食材の雰囲気考慮した料理推薦システムの構築のため，レシピの特徴を基にレシピのクラスタリングを行ない，クラスタ間の類似度を求めることによってクラスタ間の相性と雰囲気を分析した．西川ら [11] の研究では，年齢や性別などの情報を基に，必要な栄養を考慮し，主食や副菜で構成される一週間分の献立を推薦するシステムを構築した．木原ら [12] は，余剰食材の使い切りを目的として，毎日の献立を推薦する手法を提案した．冷蔵庫内の食材と食材の賞味期限を考慮して献立を推薦することにより，廃棄食材が少ない献立の推薦システムを構築した．Kuo ら [13] の研究ではレシピ間の共起度から献立を自動生成する手法を提案した．レシピをノードとしレシピ間の共起度を辺の重みとするグラフを作成し，献立作成を最小シュタイナー木問題として解くことによって複数のレシピを組み合わせることでバランスの良い献立を生成する．

しかし，これらの研究 [10][11][12][13] は個人向けの推薦を目的としている点で本研究と差異がある．

7.3 グループ向け推薦

Berkovsky ら [14] の研究ではグループ向けにレシピを推薦する手法を提案している．まず，既存の献立推薦を用いて個人向けにレシピを推薦して，複数のグループ構成員のレシピ推薦結果を組み合わせることでグループ向け推薦を実現している．Gorla ら [15] の研究では，Information Matching を用いることによりユーザが必要とするコンテンツの特徴と，コンテンツを利用するユーザの特徴を組み合わせることによって個人ごとに映画の推薦を実現し，個人ごとの推薦結果をもとに Least Misery 法を用いることにグループ向け推薦を実現している．Gartrell ら [16] の研究ではグループのメンバーごとの経験，興味などをもとに社会性と専門性の 2 つの観点からヒューリスティックな関数を用いて団体をモデル化し，既存手法によるグループのメンバーごとの個人向け推薦結果を，グループの意思決定への影響力を考慮して組み合わせることによりコンテンツのグループ向け推薦を実現した．Carvalho ら [17] はグループ向け推薦を，グループの構成員をプレイヤーとし

推薦アイテムの評価をプレイヤーのポジティブな行動とした非協力ゲームとして定義した。各プレイヤーの利得を最大化するため、ナッシュ均衡を用いて映画のグループ向け推薦を実現した。Baltrunas ら [18] の研究では、Collaborative Filtering を用いることでグループのメンバーごとに映画の推薦結果を導出し、グループ向けに組み合わせることで、least misery, footrule, borda, average の 4 つの手法を提案し、グループ向け推薦を実現した。また、推薦結果を nDCG を用いることで推薦結果の比較評価を行った。Ludovico Boratto ら [19] の研究では、グループに所属する各メンバーごとのプロフィールを組み合わせ一つのグループのプロフィールを作成することで、既存の個人向け推薦手法を用いてグループ向け推薦を実現した。各メンバーごとのプロフィールの組み合わせ手法を複数提案しており、手法ごとに比較評価を行った。Kim ら [20] はランダムウォークを用いたグループ向けの映画の推薦手法を提案した。この手法はグラフの層を増やすことにより、ユーザや推薦対象のコンテンツ以外にも様々な要素を推薦結果に反映することができるため、本研究のグループ向けレシピ推薦に取り入れた。

しかし、これらの研究 [14][15][16][17][18][19][20] は献立以外のコンテンツの推薦が目的であり、本研究では献立を推薦の対象としている点で異なる。

第 8 章

おわりに

本研究ではグループの満足度の向上を目的として、投稿型レシピサイトの献立に含まれるレシピの入替えを行う推薦システムの提案を行った。献立と入替え対象レシピの相性度を求めることによって、嫌いな材料を含まない献立とのバランスの良いレシピと入替える手法を提案した。また、献立とレシピの相性度を求める手法として「平均値法」と「最小値法」の 2 つの手法を提案した。その後、クックパッドのデータベースに登録された献立に嫌いな材料を含まないように入替えを行った。入替えを行った献立を、グループ向け推薦手法を献立向けに拡張した手法で推薦することにより、グループの満足度を向上させる推薦システムを提案した。

提案手法は、推薦された献立に対するグループの満足度と入替えをした献立の妥当性の 2 つの観点から評価をした。その結果、ベースラインと比較して「最小値法」でレシピ入替えを行った献立の推薦結果に対するグループの満足度が良くなった。献立の入替えの妥当性の評価では栄養士に対し、献立のバランスの評価を依頼した。その結果、「最小値法」によりレシピ入替えを行った献立と入替え前の献立を比較し、バランスに大きな変化が見られないことが確認できた。

よりグループの満足度が高い献立を推薦するため、以下に将来課題を述べる。

8.1 レシピ間の類似度の計算の工夫

本研究では、レシピ間の類似度を計算するために Jaccard 係数を用いて、レシピに含まれる材料のみの類似度を計算している。しかし、レシピに含まれる材料には重要性の違いがあると考えられるため、重要度が低い材料の一致が多かった場合、一般的には類似していないと考えられるレシピ間の類似度が高くなってしまう。例えば、5.6 節でレシピ入替

えを行った際には、レシピ間の材料で「醤油」や「砂糖」など、重要度が低いと考えられる調味料の一致が多く、重要度が高いと考えられる「ご飯」などの主食が一致していなかったため、献立バランスの悪いレシピに入れ替えられてしまった。そのため、レシピに含まれる材料の重要度を推測して、レシピに含まれる重要な材料のみを用いて類似度を計算することや、レシピの調理手順など材料以外の観点を用いた類似度の計算を行うことによって、レシピ間の類似度計算手法を精度を向上させる必要があると考えられる。

8.2 グループの食に関する興味の学習

本研究では、グループのメンバーの食に関する嫌いの情報を用いてレシピ入替えを行っている。システムに対して嫌いな食材の入力を行い、献立に含まれるレシピにグループのメンバーに一人でも嫌いな食材が含まれていた場合、そのレシピは入替え対象レシピとなる。しかし、現実の人の食材の嫌いはさらに複雑であると考えられる。例えば、同じ「葱」という食材でも「茹でた葱」なら嫌いでないが「生葱」は嫌いというように、調理法によっても食材の好き嫌いが変化する場合も考えられる。そのため、レシピの好き嫌いを嫌いな材料が含まれているかどうかのみの観点で判断するのではなく、材料の調理法などの別の観点も考慮すべきであると考えられる。

また、グループのメンバーの食事の記録などを用いて、メンバーが嫌いなレシピを学習し、より入替え候補レシピを高い精度で発見する手法が必要であると考えられる。

また、食に関する好き嫌いのグループならではの問題もある。例えばあるメンバーが食材の「葱」が嫌いだった場合、グループに含まれる別のメンバーに「葱」の好きだったとしても、本研究の提案手法ではレシピの入替え候補となってしまう。そのため、レシピ入替え候補を決定する場合は、グループ全体がより満足することを考慮した手法で入替え候補レシピを決定する必要があると考えられる。

8.3 計算時間の改善

本研究では、献立をグループに対して推薦する前に、推薦対象となる献立群に含まれるグループの嫌いなレシピの入替えを行っている。そのため、献立のレシピ入替えに必要な計算時間が多大となってしまう。現在の実装方法ではレシピ入替えを行う際、入替え前の献立データベースとは別のデータベースを構築しているため、データベース構築に時間が掛かる。そのため、データベース構築方法を工夫することで計算時間を減少させることが可能であると考えられる。また、現在の提案手法では推薦結果の上位に表示されない献立

もレシピ入替えを行っているため，推薦結果の上位に表示される献立のみレシピ入替えを行うなど，レシピ入替えの回数を減らす工夫も必要であると考えられる．

8.4 アプリケーションの作成

本研究では，献立のレシピ入替えを行い，グループに向けて推薦する手法を提案した．実装上はテキストベースでグループの嫌いなレシピを入力して，推薦結果が出力されるアプリケーションとなっている．そのため，本研究の提案手法の実用化を目指すためには GUI ベースのアプリケーションの開発が必要であると考えられる．グループのメンバーは複数人が存在するため，各メンバーごとに個人のアプリケーション画面から食に関する好みを入力する．入力されたデータを別の計算機に通信して，献立のレシピ入替えを行い，グループ向けに献立を推薦する．推薦された献立はユーザがどのような献立かを理解しやすいように，投稿型レシピサイトのページの URL を表示するなどの工夫が必要であると考えられる．

謝辞

本研究は JSPS 科研費 24300005, 26330081, 26870201 の助成を受けたものです。また、本研究ではクックパッド株式会社と国立情報学研究所が提供する「クックパッドデータ」を利用しました。ここに感謝の意を表します。

本研究を遂行するにあたり、ご多忙の中、有益なコメントと適切なアドバイスを下さった、田原康之准教授、岩崎敦准教授、大須賀昭彦教授に心より感謝を申し上げます。また、週1回のゼミをはじめ、ご多忙の中、熱心なご指導いただき、貴重な勉学の機会を与えて下さった、清雄一助教に心より感謝いたします。研究の機会と議論・研鑽の場を提供して頂き、御指導頂いた国立情報学研究所/東京大学 本位田 真一 教授をはじめ、活発な議論と貴重な御意見を頂いた大須賀・田原研究室の皆様、国立情報学研究所本位田の皆様、早稲田大学の深澤研究室の皆様に感謝の意を表します。最後に、いつも温かい励ましを送り続けてくれた両親と家族に心から感謝の意を表します。

参考文献

- [1] クックパッド : <http://cookpad.com/> , Nov.2015
- [2] 楽天レシピ : <http://recipe.rakuten.co.jp/> , Nov.2015
- [3] 高畑真里, 上田真由美, 中島伸介, " 食材に対する好き嫌いを考慮した料理レシピ推薦手法の提案, " 第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, E3-5, Mar.2011
- [4] 矢嶋亜紗美, 小林一郎, " 個人の状況を考慮した " かんたん " なレシピの推薦, " ファジィシステムシンポジウム講演論文集, 25th, ROMBUNNO.1C1-01, Dec.2009.
- [5] 池尻恭介, 清雄一, 中川博之, 田原康之, 大須賀昭彦 : 意外性のあるレシピを推薦するエージェントの提案, 電子情報通信学会論文誌, vol.j98-d, no.6, pp.971-981, 2015.6
- [6] Peter Forbes, Mu Zhu, "Content-boosted matrix factorization for recommender systems: experiments with recipe recommendation," Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems, Pages 261-264, 2011
- [7] Toon De Pessemier, Simon Doooms, Luc Martens, "A food recommender for patients in a care facility," Proceedings of the 7th ACM conference on Recommender systems, Pages 209-212, 2013
- [8] 志土地由香, 井手一郎, 高橋友和, 村瀬洋, " 料理レシピマイニングによる代替可能食材の発見, " 電子情報通信学会論文誌 A, J94-A, 7, pp.532-535, Jul.2011.
- [9] 花井俊介, 難波英嗣, 灘本明代, " 健康を意識した代替食材の発見手法, " 第 7 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, G6-6, Mar.2015
- [10] 大野礼儀, 福原知宏, 山田剛一, 増田英孝, " 献立の雰囲気考慮した料理推薦システムの提案, " 2015 年度 人工知能学会全国大会 (第 29 回), 2H1-4, June.2015
- [11] 西川智佳, 伊藤孝行, 永井明彦, 丸山智美, " 献立表自動生成におけるユーザのフィードバックに基づく献立再調整アルゴリズム, 2013 年度 人工知能学会全国大会 (第 27 回) ", 3E1-1, June.2013
- [12] 木原ひかり, 植田真由美, 中島伸介, " 余剰食材の使い切りを考慮したレシピ推薦

手法の提案 ,” 第 3 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム , E3-3 , Mar.2011

- [13] Fang-Fei Kuo, Cheng-Te Li, Man-Kwan Shan, Suh-Yin Lee, ”Intelligent menu planning: recommending set of recipes by ingredients,” Proceedings of the ACM multimedia 2012 workshop on Multimedia for cooking and eating activities, Pages 1-6, 2012
- [14] Shlomo Berkovsky, Jill Freyne, “ Group-based recipe recommendations: Analysis of Data Aggregation Strategies, ” 4th ACM Conference on Recommender Systems, Pages 111-118, 2010
- [15] Jagadeesh Gorla, Neal Lathia, Stephen Robertson, Jun Wang, ”Probabilistic group recommendation via information matching,” Proceedings of the 22nd international conference on World Wide Web, Pages 495-504, 2013
- [16] Mike Gartrell, Xinyu Xing, Qin Lv, Aaron Beach, Richard Han, Karim Seada,”Enhancing Group Recommendation by Incorporating Social Relationship Interactions,” Proceedings of the 16th ACM international conference on Supporting group work, Pages 97-106, 2010
- [17] Lucas Augusto Montalvao Costa Carvalho , Hendrik Teixeira Macedo, Users’ satisfaction in recommendation systems for groups: an approach based on noncooperative games, ”Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web, Pages 951-958, 2013
- [18] Linas Baltrunas, Tadas Makcinskas, Francesco Ricci, ”Group Recommendations with Rank Aggregation and Collaborative Filtering, ”Proceedings of the fourth ACM conference on Recommender systems, Pages 119-126, 2010
- [19] Ludovico Boratto, Salvatore Carta, ”Modeling the Preferences of a Group of Users Detected by Clustering: a Group Recommendation Case-Study,” Proceedings of the 4th International Conference on Web Intelligence, Mining and Semantics, Article No. 16, 2014
- [20] Heung-Nam Kim, Majdi Rawashdeh, Abdulmotaleb El Saddik, “ Tailoring Recommendations to Groups of Users : A Graph Walk-based Approach, “ Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent User Interfaces, Pages 15-24, 2013

研究業績

国内シンポジウム・ワークショップ

1. 西脇崇文，清雄一，田原康之，大須賀昭彦:ユーザの好みに応じたレシピ入替えを行うグループ向け献立推薦, 第 162 回 データベースシステム研究会 (SIG-DBS), 2015
2. 西脇崇文，清雄一，田原康之，大須賀昭彦:ユーザの好みと献立バランスを考慮したレシピ入替えを行うグループ向け献立推薦, 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM フォーラム 2106), 2016

付録 被験者に提示したに提示した アンケート用紙

アンケート用紙 (1)

被験者の食に関する好き嫌いを調査するため、好きな材料、カテゴリーと嫌いな材料、カテゴリーを上位 10 件まで調査した。調査した食に関するの好き嫌いをを用いて献立推薦を行った。そのアンケート用紙 (1) を図 1 に示す。

アンケート用紙 (2)

アンケート用紙 (1) で調査した被験者の食に関する好き嫌いを元に献立推薦を行い、被験者に対して対応する献立を 5 段階の指標で評価させた。その際用いたアンケート用紙 (2) を図 2 に示す。

アンケート用紙

お名前：

材料・・・好き/嫌いな料理の材料を入力してください
 カテゴリー・・・好き/嫌いな料理の分類を入力してください

| | 好きな材料 | 嫌いな材料 | 好きなカテゴリー | 嫌いなカテゴリー |
|-----|-------|-------|----------|----------|
| 1位 | | | | |
| 2位 | | | | |
| 3位 | | | | |
| 4位 | | | | |
| 5位 | | | | |
| 6位 | | | | |
| 7位 | | | | |
| 8位 | | | | |
| 9位 | | | | |
| 10位 | | | | |

入力例：ある人の場合

| | 好きな材料 | 嫌いな材料 | 好きなカテゴリー | 嫌いなカテゴリー |
|-----|-------|-------|----------|----------|
| 1位 | なす | にんにく | 野菜サラダ | ハンバーグ |
| 2位 | きゅうり | なっとう | 夏野菜 | カレー |
| 3位 | とまと | ねぎ | パスタ | 中華料理 |
| ... | | | | |

アンケート用紙

名前：_____

各献立を見て「この献立を食べたい」と思ったかどうかを評価してください。
献立のレシピは横方向に並んでいます。一番右の青い評価欄に評価を記入してください。
評価は5段階で、5が最も高い評価、1が最も低い評価です。

- 献立 1 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 2 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 3 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 4 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 5 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 6 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 7 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 8 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 9 得点：_____ 理由(任意):_____
- 献立 10 得点：_____ 理由(任意):_____